

Efectos de diferentes efluentes residuales en el crecimiento y desarrollo de la Espinaca (*Spinacia oleracea* L.), provenientes de Saltillo, México

Effects of various wastewater effluents on growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.) from Saltillo, Mexico



Silvia Yudith Martínez-Amador¹, José Rodolfo Simental-De la Paz¹, Laura María González-Méndez^{1*}, Alonso Méndez-López¹, Aída Isabel Leal-Robles¹, Michelle Ivone Ramos-Robles¹, Angélica Martínez-Ortiz¹

¹Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. CP 25315. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

*Autor de correspondencia: laura.gonzalez@uaaan.edu.mx

RESUMEN

El agua residual municipal incluye efluentes provenientes de las residencias, la industria y el comercio; de estas aguas, sólo el 35.5% se lleva a tratamiento y una pequeña porción se reutiliza. El objetivo de esta investigación fue evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), irrigado con diferentes efluentes residuales. Los tratamientos aplicados fueron: agua residual sin tratar (ARST), agua residual tratada con sistema bioelectroquímico (ARTSB), agua residual tratada del Bosque Urbano de Saltillo (ARTBU), solución nutritiva Steiner (SS) y agua potable (AP). El diseño experimental fue de bloques al azar con 9 repeticiones por tratamiento, lo que da un total de 45 unidades experimentales; los muestreos se realizaron a los 15, 45 y 75 días de la siembra, y las variables de estudio fueron: número de hojas planta, longitud de raíz, longitud de tallo, área foliar y pesos secos de raíz, tallo y hoja. Los resultados del ANOVA y Prueba de Tukey ($p > 0.05$), mostraron que la longitud de raíz, el tratamiento con agua tratada del Bosque Urbano fue un 13.1% mayor al agua sin tratar, y el área foliar un 16.2% mayor. En los demás parámetros, el agua sin tratar estimuló el desarrollo, pero tiene efectos tóxicos para la planta. En conclusión, el agua residual tratada, al producir un incremento en la parte comercial de interés (la hoja), sería una opción recomendable para irrigar espinaca.

Palabras clave: agua tratada con sistema bioelectroquímico, agua residual tratada municipal, cultivo de espinaca, solución nutritiva, reúso de aguas residuales.

ABSTRACT

The objective of this study was the assessment of growth and development of spinach (*Spinacia oleracea* L.), irrigated with various wastewater effluents of Saltillo, Mexico, under greenhouse conditions. Treatments applied were: untreated wastewater (ARST), treated wastewater with a bioelectrochemical system (ARTSB), treated wastewater of the Urban Forest (ARTBU), Steiner Solution (SS), and tapwater (AP). Experimental units were distributed in a randomized blocks design, with 9 repetitions per treatment, and 3 samplings, at 15, 45 and 75 days after sowing date; the experimental variables were: number of leaves per plant, root length, stem length, leaf area, and root, stem and leaf dry weights. Obtained data were submitted to ANOVA and Tukey Test ($p > 0.05$), for determination of statistical significance. Results showed, that variables such as root length, in growing plants irrigated with treated water from the Urban Forest (ARTBU), an increase of 13.1% above untreated wastewater (ARST), and a significant increase of 16.32% in leaf area, above ARST. Untreated wastewater, although promoting growth in spinach, is not recommended for use, due to toxicity for the plant, being treated water recommended for irrigation of spinach, providing enough nutrients with complementary fertilization.

Keywords: bioelectrochemically treated water, urban treated water, spinach, Steiner solution, reuse of wastewater.

INTRODUCCIÓN

Una población mundial en aumento y la diversificación de las actividades económicas han generado mayor presión sobre los recursos hídricos, por lo que, en muchos países, se ha extraído mayor cantidad de agua de la que se puede regenerar de manera natural en los acuíferos. El agua, en su mayor parte, se destina a actividades agropecuarias y para uso doméstico. En México, del agua disponible, 77% está concesionada a la agricultura, 14% es para abastecimiento público como uso doméstico y negocios, 5% para la generación de energía y el 4% restante, para la industria (García-Carrillo, 2021). El uso de aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas es una práctica que se ha incrementado en los últimos 20 años; sin embargo, su uso prolongado puede causar degradación y contaminación del suelo (García-Carrillo, 2021), debido a la acumulación de metales pesados (Moussaoui *et al.*, 2019), a la alteración de propiedades del suelo, y a la presencia de micropatógenos (Acosta-Zamorano *et al.*, 2013; El Moussaoui *et al.*, 2019). Actualmente, la recuperación y reutilización de aguas residuales municipales e industriales se practica en muchos países, sin embargo, solamente constituyen una pequeña fracción del volumen total generado (Anda-Sánchez, 2017); además, con el fin de satisfacer la necesidad vital de abastecimiento de agua, las comunidades consideran otras fuentes no tradicionales, como los flujos de retorno agrícola, aguas residuales tratadas, captación de agua de lluvia, agua coproducida de las industrias de energía y minería, desalinización del agua de mar y de aguas subterráneas salobres (Anda-Sánchez, 2017). Referente al empleo de aguas residuales tratadas, se han establecido normas para que el efluente cumpla con cierta calidad microbiológica y química de tal forma que no tenga un impacto negativo en la salud humana y en el medio ambiente (Guadarrama-Brito y Galván-Fernández, 2015; González-Fragozo *et al.*, 2020). El agua tratada con sistema electroquímico tiene un efecto bactericida estadísticamente significativo ($p=0.00001$) (Casadiego *et al.*, 2004). Las aguas residuales tratadas han sido utilizadas en el riego de cultivos de tomate de la agroindustria, (Gatta *et al.*, 2015), en el cultivo de uva (Acosta-Zamorano *et al.* 2013) y en el café (Dobrotz- Gómez *et al.*, 2020). Respecto a la espinaca, Ahmad *et al.*, (2006), realizaron un estudio para evaluar los efectos de la irrigación con agua residual, proveniente

del sistema de drenaje, en el rendimiento del cultivo; entrevistaron a 70 productores del Distrito de Rahim Yar Khan, Pakistan, quienes encontraron incremento importante en su rendimiento. Sin embargo, otros estudios señalan que el uso continuo de dicha agua reduce la fertilidad del suelo, acumula metales pesados y, por ende, el rendimiento final (Ahmad *et al.*, 2006; Anwar *et al.*, 2015; Anwar *et al.*, 2016; González-Fragozo *et al.*, 2020; Kumar *et al.*, 2020). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes efluentes residuales en el crecimiento de plantas de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) bajo condiciones de invernadero, para determinar su factibilidad de uso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Saltillo, Coah., México. La siembra, riegos y crecimiento vegetativo de la planta, fueron llevados a cabo en el invernadero número 2 de la Subdirección de Operación de Proyectos; los análisis de los parámetros histológicos de hoja de espinaca se realizaron en el laboratorio de anatomía e histología vegetal, perteneciente al Departamento de Botánica.

Se preparó sustrato para las macetas con tierra del Jardín Botánico de la Universidad, el cual contenía perlita y peat moss en una proporción 1:1:1. La siembra se realizó en el sustrato previamente preparado; a una profundidad de 2 cm se colocaron dos semillas por maceta; cada tratamiento constó de nueve macetas; al emerger las dos plántulas de cada maceta, se seleccionó sólo una, como fuente de datos experimentales.

Diseño experimental, tratamientos y riego

El diseño que se utilizó para el experimento fue de bloques completamente al azar; se establecieron cuatro tratamientos más el testigo, con nueve repeticiones cada uno, para así tener un total de 45 unidades experimentales. La descripción de los tratamientos se muestra en el Cuadro 1.

Manejo de plagas

Se aplicó Brálic® como repelente natural ecológico y biodegradable a base de extracto de ajo (*Allium spp*) 12.5%, concentrado emulsionante contra insectos

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos utilizados en esta investigación.

Número	Abreviatura	Significado de abreviatura	Descripción
T1	SS	Solución Steiner	Solución Steiner (1961) al 25% para 20 L KCL H ₃ PO ₄ HNO ₃ H ₂ SO ₄ Ultrasol [®] micro Mix
T2	ARTBU	Agua residual tratada en el bosque urbano	Agua colectada tras el proceso de tratamiento en la planta tratadora del bosque urbano Ejército Mexicano de Saltillo, Coahuila.
T3	ARTSB	Agua residual tratada con sistema bioelectroquímico	Agua cruda tratada por sistema bioelectroquímico (SBE) ubicado en el laboratorio de biotecnología del Departamento de Botánica de la UAAAN
T4	ARST	Agua residual sin tratamiento	Agua cruda colectada del módulo de recepción de la planta tratadora del Bosque Urbano Ejército Mexicano de Saltillo, Coahuila.
T5	AP	Agua potable	Agua potable de Saltillo.

¹Producto formulado a base de oligoelementos (micronutrientes)

chupadores y horadores, como el minador de la hoja, mosquita blanca, picudos de algodón y chile, y trips, principalmente (ADAMA, 2016). *Bacillus thuringiensis* se administró para eliminar larvas de insectos-plaga de los órdenes Lepidóptera, Coleóptera y Díptera, entre otros, a la vez que para combatir la presencia de gusano falso medidor, gusano soldado y gusano del fruto (Portela-Dussán *et al.*, 2013).

Muestreo y mediciones

Se realizaron muestreos de plantas provenientes de tres macetas tomadas al azar a los 15, 45 y 75 días de desarrollo. Las plantas se extrajeron del sustrato y se eliminaron sus restos de raíz; se realizó el corte de hojas a cada planta de forma manual; se contó el

número de hojas y, con ayuda de un metro, se midió la longitud del tallo y la raíz (mm). El área foliar se determinó con un aparato LI-3100C (mm²). Por último, se dejaron las muestras dentro de bolsas de papel estraza en la estufa de secado (marca ARSA) a 65° centígrados, durante 48 horas, con el fin de medir el peso seco de raíz, tallo y hojas (gr) con una balanza de precisión (US Solid-modelo USS-DBS15-3).

Análisis estadístico

A los datos obtenidos del experimento se les realizó un análisis de varianza completamente al azar, y comparación de medias con la Prueba de Tukey $p \geq 0.05$, mediante el software InfoStat 2018, (Di Rienzo *et al.*, 2018).

Cuadro 2. Respuesta de variables de crecimiento y desarrollo en fresco de espinaca, irrigada con diferentes efluentes de agua residual cruda de Saltillo, Coahuila., a los 15, 45 y 75 días de la siembra.

	NÚMERO DE HOJAS (planta)			LONGITUD DE RAÍZ (cm)			LONGITUD DE TALLO (cm)		
	15	45	75	15	45	75	15	45	75
SS	42.0 B	107.5 A	141.5 A	12.95 A	14.5 B	34.0 A	24.35 A	146.5 B	45.0 A
ARTSB	58.0 B	83.5 A	102.5 A	14.4 A	16.8 AB	17.5 C	30.5 A	70.0 B	39.0 A
ARTBU	55.0 B	61.0 A	166.5 A	11.1 A	14.0 B	26.5 AB	25.25 A	205.0 B	33.5 A
ARST	52.5 B	157.5 A	189.5 A	15.8 A	17.75 A	20.75 BC	28.1 A	505.5 A	57.0 A
AP	110.5 A	116.5 A	119.0 A	13.6 A	14.1 B	21.45 BC	29.7 A	75.0 B	27.5 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$). SS= Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de hojas. En el número de hojas, el análisis estadístico de los muestreos 2 y 3 (30 y 45 días, respectivamente), no reveló diferencia estadística alguna con un promedio de 81.2 y 143.8 hojas por planta, respectivamente (Cuadro 2). Sin embargo, en el primer muestreo (15 días), el tratamiento irrigado con agua potable, mostró diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, con el valor más alto (110.5 hojas por planta). En el caso del agua potable, el número de hojas por planta se mantiene estable en las tres fechas de muestreo (110.5, 116.5, 118.0, respectivamente). Cabe mencionar que, en el agua residual sin tratar aumenta la incidencia de plagas, como el gusano falso medidor *Trichoplusia ni* y el pulgón verde *Aphididae spp.* Ahmad *et al.*, (2006) mencionan que la aplicación de aguas residuales sin tratamiento, provenientes de la industria y de efluentes municipales, ofrece mejores resultados en comparación con las aguas subterráneas y/o potables; sin embargo, la espinaca en este caso presenta manchas color marrón asociadas al estrés por la presencia de metales pesados y amoníaco por encima de los límites permitidos (Pacco *et al.*, 2014), niveles de sodio (Anwar *et al.* 2015), mayor actividad microbiana y de patógenos (Gatta *et al.*, 2015; Gu *et al.*, 2019), pro-

blema que se ha presentado en diversos estudios con hortalizas, cuya parte comestible son las hojas.

Longitud de la raíz. Después de realizar el análisis de varianza y comparación de medias, no se detectó diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos a los 15 días; sin embargo, a los 45 y 75 días, los valores más altos se observaron en las plantas de los tratamientos irrigados con ARST y SS, con 20.7 cm y 34.5 cm de longitud, respectivamente (Cuadro 2). Los datos numéricos indican que la longitud de raíz con mayor valor se registró en las plantas con SS y agua tratada. González-Fragozo *et al.* (2020), no encontraron diferencia significativa entre ambos tratamientos, empleando un cultivo

Longitud del tallo. El análisis de varianza y comparación de medias arrojaron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre ARST y el resto de los tratamientos, a los 45 días (Cuadro 2); las plantas de espinaca irrigadas con ARST desarrollaron tallos de hasta 50 cm, y el resto de los tratamientos se mantuvo por debajo de los 20 cm. Acosta-Zamorano *et al.* (2013), sin embargo, no hallaron dicho efecto al aplicar aguas residuales urbanas tratadas en el desarrollo de sarmientos en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera L.*).

Cuadro 3. Valores promedio de área foliar de plantas de espinaca, irrigadas con agua residual sin tratar y efluentes diversas de Saltillo, Coah., a los 15, 34 y 75 días de siembra.

	AREA FOLIAR (mm ²)		
	MUESTREOS (días desde la siembra)		
	15	45	75
SS	235.85 A	404.02 B	1229.58 A
ARBSB	279.06 A	455.34 B	661.83 B
ARTBU	313.30 A	561.35 AB	1061.48 AB
ARST	377.30 A	583.03 AB	648.84 B
AP	415.95 A	723.60 A	729.16 AB

Medias con una letra común, no son significativamente diferentes ($p > 0.05$). SS=Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

Área foliar

Respecto al área foliar, el Cuadro 3 muestra que el análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron una diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) en el tratamiento AP, respecto al resto de los tratamientos a los 15 días de desarrollo (415.95 mm²). A los 45 días AP obtuvo los valores más altos con una media de 723.6 mm²; el valor más alto fue para SS (1229.58 mm²), y numéricamente con AP y ARTBU a los 75 días (729.16 y 1061.48 mm², respectivamente), al registrar un incremento de 16.32 % con el agua tratada con sistema bioelectroquímico, en relación al agua no tratada. Los datos numéricos concuerdan con el análisis estadístico al tener un mayor valor de área foliar en el tratamiento AP en los primeros dos muestreos (15 y 45 días), y el SS en el muestreo 3 (75 días). Mousavi et al. (2013), encontraron un índice de área foliar mayor con el tratamiento con 25% de agua potable + agua residual municipal tratada al 75%, al día 80 de la emergencia en maíz, tal como ocurre con AP y ARTBU a los 75 días en espinaca. Aunque el agua residual promueve el crecimiento foliar, su efectividad sobre el índice de área foliar disminuye con su elevada irrigación, tal como Mojid *et al.* (2012) encontraron al cultivar trigo con ese régimen de riego.

Variables evaluadas en seco

Peso seco de raíz. El análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos: a los 15 días para el peso seco de la raíz, ARTBU 0.55 g, ARST 0.60 g y SS 0.78 g, respectivamente, en comparación a AP y ARSTB (Cuadro 4). Los datos obtenidos a los 45 días, indicaron que el tratamiento de AP fue superior que el resto de los tratamientos (0.61 g); por último, a los 75 días, no existió diferencia estadística significativa entre los resultados. Casadiego et al. (2004), encontraron mayor peso seco de raíz en mirto (*Myrtus sp*) al emplear agua residual tratada municipal, en comparación al agua fertirrigada, mientras que, con espinaca a los 15 días, el tratamiento con solución Steiner (SS) registró el valor más alto.

Peso seco de tallo. Para peso seco del tallo, el análisis de varianza y la comparación de medias arrojaron que existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos a los días 15 y 45, en los cuales el ARST obtuvo mayor peso seco del tallo (0.53 g y 3.33 g) y el AP (0.72 g y 4.78 g); a los 75 días, el análisis arrojó que sólo existe diferencia significativa entre el tratamiento de ARST (8.63 g) respecto a los

Cuadro 4. Respuesta de variables de crecimiento en seco de espinaca, irrigada con diferentes efluentes de agua residual, Coha, a los 15, 45 y 75 días de la siembra.

	PESO SECO DE RAÍZ (g)			PESO SECO DE TALLO (g)			PESO SECO DE HOJA		
	15	45	75	15	45	75	15	45	75
SS	0.78 A	0.16 A	0.32 A	0.23 A	1.36 D	4.57 B	0.53 B	1.70 B	7.12 A
ARTSB	0.13 C	0.17 B	0.23 A	0.43 BC	2.05 C	4.05 B	0.88 A	3.45 B	5.21 A
ARTBU	0.55 AB	0.11 B	0.34 A	0.26 BC	1.16 D	2.33 B	0.50 B	3.79 B	4.80 A
ARST	0.60 A	0.22 B	0.41 A	0.53 AB	3.33 A	8.63 A	0.79 B	3.79 B	6.10 A
AP	0.25 BC	0.61 A	0.36 A	0.72 A	4.78 A	3.58 A	2.08 A	6.45 A	5.40 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.5$). SS= Solución Steiner; ARTSB= Agua residual tratada por sistema bioelectroquímico; ARTBU= Agua residual tratada en el Bosque Urbano; ARST= Agua residual sin tratamiento; AP= Agua potable

demás tratamientos, con una media que duplica el peso seco del tratamiento con ARTBU (Cuadro 4). Los datos numéricos, por su parte, concuerdan con las plantas regadas con ARST, las cuales desarrollaron tallos largos y engrosados, según se refleja en el peso seco, lo cual puede deberse a la gran cantidad de materia orgánica y nutrientes contenidos en el agua residual, lo cual promueve la división y el alargamiento celular (Kaneker *et al.*, 1993, Hassan , 1996; Berbec *et al.* 1999; Bhati y Singh, 2003; Ali *et al.*, 2010). En relación a esta variable en seco, en las etapas tardías de crecimiento (95-110 días después de la siembra) la efectividad del agua residual disminuye la acumulación de biomasa en el tallo (Mojid *et al.*, 2012).

Peso seco de hojas. El análisis estadístico revela que cuando son irrigados con AP (2.08 g y 6.45 g), existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos durante los días 15 y 45, ya que a los 75 días no se detectó diferencia estadística significativa entre tratamientos, tal como se muestra en el Cuadro 4. Los datos obtenidos de forma numérica en peso seco de hojas, indicaron que el AP y ARST son similares en el desarrollo aéreo del cultivo. Esto sugiere que el uso de agua residual tratada no nece-

sariamente aumenta el crecimiento de la planta, que dependerá mayormente de la concentración de N disuelto respecto a la concentración de N en el agua del acuífero, y del estrés hídrico al cual están expuestas las plantas (Acosta- Zamorano *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

La aplicación de aguas residuales sin tratar favorece el crecimiento y desarrollo del cultivo de espinaca; sin embargo, presenta una alta incidencia de plagas, por lo que el tratamiento ARST no se recomienda para irrigar vegetales cuyas partes comerciales son hojas, tallos y raíces de consumo en fresco. Las aguas tratadas en ambos sistemas ARTBU y ARTSB no cuentan con los suficientes nutrientes para promover el desarrollo de la espinaca, pero esto puede lograrse a través de un ajuste nutricional.

AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento por su invaluable apoyo, al Ing. Luis Carlos Ríos Álvarez, subdirector de la Tratadora de Agua Ideal, S.A. de C.V., y a sus empleados, así como a los trabajadores de la planta tratadora del Bosque Urbano municipal de Saltillo, para la consecución del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- ACOSTA-ZAMORANO, D., Macías-Carranza, V., Mendoza-Espinosa, L., y A. Cabello-Pasini, (2013). Efecto de las aguas residuales tratadas sobre el crecimiento, fotosíntesis y rendimiento en vides tempranillo (*Vitis vinifera*) en Baja California, México. *Agrociencia*, 47(8): 753-766. [v47n8a2.pdf \(scielo.org.mx\)](https://doi.org/10.15446/agrociencia.47.8.753-766)
- AHMAD, B., Bakhs, K., and S. Hassan (2006). Effect of sewage water on spinach yield. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (3): 423-425. <http://www.fspublishers.org>
- ALI ,H.M.; EL-Mahrouk, E.M.; Hassan- Fatma ,A. and M.A. EL-Tarawy . (2010). Usage of sewage effluent in irrigation of some woody tree seedlings. Part 3: *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. *Saudi J Biol Sci* 18(2):201–207. [doi:10.1016/j.sjbs.2010.08.001](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.08.001)
- ANDA-SÁNCHEZ J. (2017). Decentralized Sanitation and Sustainable Reuse of Municipal Wastewater in México. *Sociedad y ambiente*, (14), 119-143. Recuperado el 21 de mayo de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-65762017000200119&lng=pt&tlng=.
- ANWAR, Z., Irshad, M., Fareed, I., and A. Faridullah (2015). Spinach (*Spinacia oleracea* L.) response and accumulation of salts in soil under surface and subsurface wastewater irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(9): 2850-2859. DOI:10.13140/RG.2.1.3870.0009
- ANWAR, S. ; Nawaz,M.F.; Gul, S.; Rizwan, M.; Ali, S. & Arshaad Kareem . 2016 . Uptake and distribution of minerals and heavy metals in commonly grown leafy vegetable species irrigated with sewage water. Springer International Publishing Switzerland . *Environ Monit Assess* 188:541 DOI 10.1007/s10661-016-5560-4.
- BHATI M., and G. Singh. (2003). Growth and mineral accumulation in *Eucalyptus camaldulensis* seedlings irrigated with mixed industrial effluent. *Bioresour Technol* 88:221–228 [Google Scholar]
- BERBEC, S., Szweczuk C., and D. Sugier. 1999 . The effect of irrigation with municipal sewage on the catching and growth rate of poplar trees. *Folia Universitatis Agricultural*. 77:27–31. [Google Scholar]
- CASADIEGO P, Cuartas R, Mercado M.J y , A.K, A.K. Carrascal. 2004. Efectividad del agua electrolizada oxidadora (EO) en la inactivación de *Listeria monocytogenes* en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *MVZ-Córdoba, Colombia* 9(2): 428-437. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69390203>
- CAVIEDES -RUBIO, D.I.; Muñoz -Calderón, R.A.; Perdomo- Gualtero, A. ; Rodríguez- Acosta, D. e I. J. Sandoval -Rojas. 2015. Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región*. 13(1):73-90 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>
- CHÁVEZ, A., K. Rodas, B. Prado, R. Thompson, and B. Jiménez. 2012. An evaluation of the effects of changing wastewater irrigation regime for the production of alfalfa (*Medicago sativa*). *Agric. Water Manage.* 113: 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.06.021>.
- DA FONSECA, A. F., Melfi, A. J., and C. R. Montes. (2005). Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron, and heavy metals availability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36(13-14), 1983-2003. DOI: 10.1081/CSS-200062539
- DI RIENZO, J.A.; Robledo, C.W.; Casanoves, F. ; y M. Balzanini. 2018. INFOSTAT Versión Beta. Manual de Usuario. Córdoba, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/283569416>
- DOBROSZ-GOMEZ, I., Gómez- García, M. A. ., and H. N. Ibarra -Taquez. (2020). Tratamiento de aguas residuales de la industria del café soluble vía Electrocoagulación - Oxidación Anódica. Selección de los electrodos. *Revista EIA*, 17(34), 1–17. <https://doi.org/10.24050/reia.v17i34.1328>
- EL MOUSSAOUI ,T.; Mandi, L.; Wahbi. S.; Masi, S. & N. Ouazzani (2019) Soil proprieties and alfalfa (*Medicagosativa* L.) responses to sustainable treated urban wastewater reuse, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65:13, 1900-1912, <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1580359>
- GARCÍA-CARRILLO, M.; Luna-Ortega, G.J.; Gallegos-Robles, M.A.; Preciado-Rangel, P.; Cervantes-Vázquez, M.G.; and U. González-Salas .2021. Impact of wastewater on soil properties and accumulation of heavy metals. *Terra Latinoamericana Chapingo*. (38) 4: 907-916 <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.556>
- GATTA, G., Libutti, A., Gagliardi, A., Beneduce, L., Brussetti, L., Borruso, L., and E. Tarantino, (2015). Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and microbiological properties of the soil. *Agricultural Water Management*, 149, 33-43. DOI:10.4081/ija.2015.632
- GONZÁLEZ-FRAGOZO, H. E., Zabaleta-Solano, C., Devia-González, J., Moya-Salinas, Y., and O. Afanador-Rico, (2020). Efecto del riego con agua residual tratada sobre la calidad microbiológica del suelo y pasto King Grass. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2): 1-9 <https://doi.org/10.31910/rudca>

- GU, G., Yin, H. B., Ottesen, A., Bolten, S., Patel, J., Rideout, S., and X. Nou, (2019). Microbiomes in Ground Water and Alternative Irrigation Water, and Spinach Microbiomes Impacted by Irrigation with Different Types of Water. *Phytobiomes Journal*, PBIOMES 09: 137 -147 <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-09-18-0037-R>
- Guadarrama-Brito & Galván-Sánchez. (2015). Impact of using wastewater in agriculture. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. Recuperado el día 10 de octubre del 2020 de: <http://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29/86>
- HAMILTON, A. J., Stagnitti, F., Xiong, X., Kreidl, S. L., Benke, K. K., & Maher, P. 2007. Wastewater irrigation: the state of play. *Vadose Zone Journal*, 6(4): 823-840. <https://doi.org/10.2136/vzj2007.0026>
- HASSAN, F.A. 1996 .Effect of sewage effluent irrigation on growth, specific gravity and fiber length of *Acacia saligna* and *Leucaena leucocephala* seedlings.. *Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 21 (11) , pp. 4093-4099
- JUNG, K., T. Jang, H. Jeong, and S. Park. 2014. Assessment of growth and yield components of rice irrigated with reclaimed wastewater. *Agric. Water Manage.* 138: 17-25. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.02.017>
- KANEKER, P.; Kumbhojkar, M.S. ; Ghatte, V.; Sarnaik, and S. A. Kelkar. S.1993.Evaluation of *Acacia nilotica* (L.) DEL. and *Casuarina equisetifolia* forest for tolerance and growth on microbially treated dyestuff wastewater. *Environ. Pollut.*, 81: 47-50. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(93\)90027-L](https://doi.org/10.1016/0269-7491(93)90027-L)
- KUMAR V, Thakur RK, and P. Kumar. 2020. Predicting heavy metals uptake by spinach (*Spinacia oleracea*) grown in integrated industrial wastewater irrigated soils of Haridwar, India. *Environ Monit Assess.* 192(11):709. doi: 10.1007/s10661-020-08673-9. PMID: 33068180.
- Lubelloa, C.*; Gorla ,R.; Niceseb ,F.P. y F. Ferrini. 2004. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. *Water Research* 38: 2939–2947. https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/39/196928/196928_doc.pdf
- MOJID, M. A., S. K. Biswas, and G. C. L. Wyseure. 2012. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilizers on wheat cultivation in Bangladesh. *Field Crops Research.* 134: 200-207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.06.010>
- MOUSAVI, S.R.; Galavi, M.; and H. Eskandari.2013. Effects of treated municipal wastewater on fluctuation trend of leaf area index and quality of maize (*Zea mays*) *Water Sci Technol* (2013) 67 (4): 797–802. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.624>
- PACCO, H. C., Rinaldi, M. M., Sandri, D., Neves, P. H., and R. R. Valente. 2014. Características de tomate producido con agua tratada en interior y exterior de invernadero. *Horticultura Brasileira*, 32(4), 417-425. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620140000400008>
- PEÑAFIEL, R. Moreno, C. & Ochoa-Herrera, V. (2016). Eliminación de nitrógeno y contaminación orgánica de agua residual industrial pretratada en lagunas anaeróbicas mediante un biofiltro de arena ACI *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(14), 86–97. <http://dx.doi.org/10.18272/aci.v8i1.2997>
- PORTELA-DUSSÁN, D. D.; Chaparro-Giraldo, A. y S. A. López-Pazos (2013). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura. *Nova*, 11(20), 87-96. <http://dx.doi.org/10.1186/1476-511X-12-12>
- RAMÍREZ- Pisco, R. y M.I. Pérez- Arenas.2006.EVALUACION DEL POTENCIAL DE LOS BIOSÓLIDOS PROCEDENTES DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA USO AGRÍCOLA Y SU EFECTO SOBRE EL CULTIVO DE RABANO ROJO (*Raphanus sativus* L.). *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín.* Vol.59,No.2. p.3543-3556. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34807>
- STEINER, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition, 15(2), 134-154. *Plant and Soil*. Recuperado el 11 de Junio del 2019, de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01347224>
- PEÑAFIEL, R. Moreno, C., Ochoa-Herrera, V. 2016. Eliminación de nitrógeno y contaminación orgánica de agua residual industrial pretratada en lagunas anaeróbicas mediante un biofiltro de arena ACI *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 8(14), 86–97. DOI:<http://dx.doi.org/10.18272/aci.v8i1.299>
- SABR, H. 2022. Impact of sewage water on growth of *Eucalyptus camadulensis* Dhen. and *Melia azedarach* L. Seedlings. : *Journal of Polytechnic* 7(1):2017 <https://www.researchgate.net/publication/358803051>
- SHAHID,, M. Nadeem M. ; Bakhat, H.F. 2020. Environmental toxicology and associated human <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10516-6>
- SINGH, S.,Singh, K., Bansa, A.,Jha, M.K., Dey, A.2012. An integrated approach to remove Cr(VI) using immobilized *Chlorella minutissima* grown in nutrient rich sewage wastewater. *Bioresource Technology.* 104 : 257-265 <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.044>